台灣毛豆根瘤菌推廣應用

洪阿田[1]　許秋玫[2]

[1] 高雄區農業改良場副研究員 [2] 約僱助理

摘　　要

台灣毛豆接種大豆根瘤菌推廣應用計畫始自年秋冬裡作，至目前尚在高屏地區擴大辦理，其目的是教導農民在栽培毛豆時使用大豆根瘤菌以代替高量的化學肥料施量，並於毛豆田裡減少氮素的用量。其結果爲毛豆接種大豆根瘤菌後施用化學肥料$N-P_2O_5-K_2O$=20-60-60公斤／公頃之處理較僅施用化學肥料$N-P_2O_5-K_2O$=60-60-60 公斤／公頃之處理(三要素推薦區)其合格莢產量從1988年秋作至1991年春作4年6作的平均增產6-12% 強，較農民慣行重肥區(N: 102-176公斤／公頃,P_2O_5: 130-166 公斤／公頃，K_2O: 120-164公斤／公頃)增產12-17%左右,1991年秋至1993年春2年4作的平均接種根瘤菌後施$N-P_2O_5-K_2O$=20-60-60公斤／公頃較農民慣行重肥區(N: 76-106公斤／公頃，P_2O_5: 80-120公斤／公頃,K_2O: 100-115公斤／公頃)，增產8%左右。其根瘤數及根瘤重分別較三要素推薦區增加爲35.2%及35.4%，較農民慣行區增加有41.5%及54%,由於毛豆使用生物肥料之效果顯著，農民投入種植毛豆之肥料成本已由1989年6,876 元／公頃逐漸減少至1993春爲4,173元/公頃，約減少39%的化學肥料量及成本。從毛豆合格莢產量較農民慣行重肥區增加8-17%及肥料的投入成本每公頃減少 2,169-4,875元，因此農民每公頃獲益爲4,338-15,635元，從1988年春至1993年春累積使用生物肥料面積共13,532公頃,農民共獲益爲140,605,570元以上。

關鍵字：毛豆、根瘤菌、推廣應用.

前　　言

大豆（*Glycine Max* L.）之莢果發育至R_6-R_7期時種仁已飽滿，莢仍是綠色時將鮮莢果採收下來食用(table use)稱之爲毛豆。其生育日數隨著品種及栽培季節的不同而有所差異，就目前的栽培品種而言在春作約70-80天，秋作65-70天，由於生育期短，管理容易，利潤尚可，因此栽培面積已由1983年的5,012公頃至1992年已是10,728公頃[13],增加一倍以上，因此毛豆在高屏地區已變成主要經濟作物之一。近年來台灣所生產之毛豆大部份均經過冷凍加工外銷日本,因此已漸漸變成重要的加工蔬菜,優良品質是日本市場的最基本要求，外觀、種仁軟硬度及風味是改善毛豆品質之要件，外觀之標準是每莢須有二種仁以上，莢長是4.5公分，莢寬1.3公分,種實已是7分飽滿莢乃是綠色，莢重量爲275莢至少有575公克以上，種仁軟、風味佳[10,12]，爲符合外銷條件的要求,品種的改良,栽培技術改進如種植時期、灌溉、肥培管理及收獲時間、採收後處理及冷凍加工技術等都必需注意才能生產高品質之毛豆。在民國60-70年間農民採收毛豆是將植株距土面3-5公分處割下後，將植株(包括有莖、葉柄、葉、莢果)用三輪貨車搬運至地磅處稱重後給款，因此農民均希望有茂盛的植株就可能得較重的毛豆，也無形中養成重施化學肥料的不良習慣，根據調查結果在高屏地區農民種植毛豆肥料的施量是比推薦量($N-P_2O_5-K_2O$=60-60-60 kg/ha)高出許多，氮素爲1.8-3.7倍，磷酐1.8-3.0倍，氧化鉀1.4-2.7倍[14]，此種重

施生理酸性化學肥料易使農田加速酸化,且超量的化學肥料如作物吸收不完滲透土壤下層有可能污染地下水，因此，毛豆根瘤菌推廣應用之目的，在於指導農民種植毛豆時接種大豆根瘤菌以減少氮素化學肥料的施量，使接種大豆的根瘤菌之毛豆發揮固氮作用之效果，以期減少施肥成本，增加農民收益。

材料與實施方法

毛豆之品種爲高雄選一號、鶴之子205(tzuzunoko 205),大豆根瘤菌由中興大學楊秋忠教授提供，1991年前採用慢生型之菌種(*Bradyrhizobium Japonicum*)，1991年後改採快生型之菌種(*Rhizobium Fredii*),歷年來觀察區設置之處數如表一

表一、歷年來觀察區設置之處數

年 度	1988		1989		1990		1991		1992		1993	
	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋
處 數	2	7	6	6	6	7	6	4	4	5	3	5

觀察區每一小區面積爲100平方公尺，示範區集合鄰近種植毛豆之農民組織10公頃爲一班，設班長爲一人，每公頃設有一按照農民慣行重肥之施法爲對照區以資比較接種大豆根瘤菌之效果,實施方法係將欲播的毛豆種子量每0.1公頃約爲12-15 公斤先均勻的撒下粉末狀黏著劑後將豆種用手翻轉幾下使黏著劑能均勻分配置豆種粒中，再將180 cc之大豆根瘤菌液灑在豆種上即時翻轉幾下，使菌液藉著黏著劑之作用滲黏在豆種上，惟恐滲進的菌液豆種吸收不完而使豆種皮膨脹,隨著將碳末倒下使之吸收未被豆種吸完之菌液，如果欲接種菌根菌，可以菌根菌代替碳末來吸收剩餘之菌液,隨著即可播種,接種大豆根瘤菌之毛豆種子攜至田間時,必須置於陰涼處,不可曝曬於田間使溫度昇高不利於根瘤菌之生存而影響接種效果,本示範推廣觀察區之處理並非每一年均相同，特以表二、表三、表四、表五加以說明。

表二、1988年春作觀察區之試驗處理

處理代號	化學肥料施量(kg/ha)			接種大豆根瘤菌與否
	N	P_2O_5	K_2O	
1	農民慣行重肥施用量			不接種
2	0	63	60	接 種
3	21	63	60	接 種

表三、1988年秋作至1990年春作觀察區之試驗處理

處理代號	化學肥料施量(kg/ha)			接種大豆根瘤菌與否
	N	P_2O_5	K_2O	
1	農民慣行重肥施用量			不接種
2	60	60	60	不接種
3	0	60	60	不接種
4	0	60	60	接　種
5	20(基肥)	60	60	接　種
6	20(追肥)	60	60	接　種

表四、1990年秋作至1991年春作觀察區之試驗處理

處理代號	化學肥料施量(kg/ha)			接種大豆根瘤菌與否
	N	P_2O_5	K_2O	
1	農民慣行重肥施用量			不接種
2	60	60	60	不接種
3	0	60	60	不接種
4	0	60	60	接　種
5	20(基肥)	60	60	接　種
6	60(20基追)	60	60	接　種

表五、1991年秋作至1993年秋作觀察區之處理

	化學肥料施用量			接種大豆根瘤菌與否
處理	N	P_2O_5	K_2O	
1	農民慣行重肥施用量			不接種
2	20(基肥)	60	60	接　種

示範推廣成果與討論

一、 毛豆接種大豆根瘤菌及不同氮肥施量對毛豆植株高度之影響

毛豆植株之高度易受氣候環境，日照長短，肥料施量等因素所影響，一般而言春作或夏作植株高度均較秋作或秋冬裡作之植株為高。根據幾年來之示範推廣結果發現毛豆接種大豆根瘤後植株有稍矮化的現象，在同樣施用磷酐(P_2O_5)及氧化鉀(K_2O)各60公斤／公頃不施氮素之條件下,有接種大豆根瘤菌者在1989年春作三處平均植株高度只有35.4公斤，不接種大豆根瘤菌者為35.6公分，在1990年秋作七處平均植株高度有接種大豆根瘤菌為30.6公分，無接種大豆根瘤菌者31.7公分，二者比較相差1.1公分之多(如表六)，洪阿田(1990)在大豆接種根瘤菌及菌根菌後施肥技術研究之試驗結果謂大豆株高不因接種菌而提昇[8]。王錦堂(1988)在施用根瘤菌及內生菌根對春作大豆生長效應之研究結果指出在接種根瘤菌不施氮肥及施氮肥40kg／ha情形下，接種大豆根瘤菌之株高較不接種者為高[1]，此與筆者所獲之結果剛好相反，是否因高屏地區年植大豆或毛豆在土壤中已存有大量之根瘤菌，因而接種大豆根瘤菌所獲之效益不如中部地區，或著是氣候環境之不同而所獲之結果亦不同實有進一步探討的必要。從表六中獲知農民慣行重肥區因施超量的肥料植株生長反而受到抑制尤以春作更為嚴重。

表六、毛豆接種大豆根瘤菌及氮素施量對植株高度之影響比較

	處		理	植株高度	
	氮素	磷酐	氧化鉀	------------公分------------	
	--------公斤／公頃--------			1989春作(3處平均)	1990秋作(7處平均)
1.	農民慣行施肥量				
	98,124	169,135	144,125	31.6	30.6
2.	60	60	60	34.1	31.1
3.	0	60	60	35.6	31.7
4.	0	60	60+R_1*	35.4	30.6
5.	20(T)**	60	60+R_1	33.7	—
	60(20B40T)	60	60+R_1	—	31.2
6.	20(B)***	60	60+R_1	34.9	30.7

註：R_1：接種大豆根瘤菌；T**：氮肥追施，磷鉀肥基肥；B***：氮磷鉀肥基施，農民慣行施量春作為3處平均，秋作為7處平均。

二、 毛豆接種大豆根瘤菌及不同氮肥施量對其根瘤數、根瘤重的影響

毛豆接種大豆根瘤菌後每公頃施用氮素公斤或是不施氮素其根瘤數較不接種不施氮素但同樣施用磷酐60公斤／公頃，氧化鉀60公斤／公頃之處理增加9～11%左右，較同是接種但每公頃施N-P_2O_5-K_2O=60-60-60公斤／公頃之處理增加根瘤數27～29%之多，由此可見毛豆之根瘤數隨著氮素肥料之施量而減少，其氮素肥料可忍受的程度約20-30公斤／公頃，超過此施量則根瘤數就減少(如表七)。

表七、毛豆接種大豆根瘤菌及氮素施量對其單株根瘤數及根瘤重影響比表

	處		理	播種後45天			
	氮素	磷酐	氧化鉀	根瘤數		根瘤重	
	--------公斤／公頃--------			粒/株	指數(%)	公克/株	指數(%)
1.	農民慣行施肥量*						
	124	135	125	27.0	100	1.13	100
2.	60	60	60	28.7	106.3	1.34	118.6
3.	0	60	60	35.7	132.2	1.64	145.1
4.	0	60	60+R_1**	38.6	143.0	1.80	159.3
5.	60	60	60+R_1	30.9	114.4	1.37	121.2
6.	20	60	60+R_1	38.2	141.5	1.74	154.0

* 農民慣行施肥量係7處之平均；R_1**接種大豆根瘤菌。

毛豆接種大豆根瘤菌後單株根瘤重亦增加很多，施等量肥料之處理3及處理4，有接種的處理單株根瘤重為1.80公克較不接種者增重有14%左右，接種後施氮素20公斤／公頃之處理6單株根瘤重亦較其他處理為重，同樣有接種大豆根瘤菌但施氮素60公斤／公頃其單株根瘤重只有1.37公克，雖然較不接種大豆根瘤菌同樣施氮素60公斤之處理為重，但僅增加2%左右，由此可見單株根瘤之重量，亦與施用氮素肥料量的多寡有密切的關係，施氮素量超過20公斤／公頃以上根瘤數及根瘤重就很明顯的降低。洪阿田(1991)在大豆接種根瘤菌及菌根菌後施肥技術研究報告中指出，大豆根瘤數及根瘤重接種根瘤菌無氮肥之處理，較不接種無氮肥之處理為多且重，施用氮肥後則根瘤數較少且輕，更隨著施氮素量之增多而遞減[8]，高德錚(1984)曾指出豆農每公頃施用20-50公斤氮素造成豆葉濃綠根瘤數稀少，有效根瘤比率低[5]。王錦堂(1988)在施用根瘤菌及內生菌根對春作大豆生長效應研究報告中指出，接種根瘤菌在不施氮肥情形下，接種根瘤菌之根瘤數較不接種根瘤菌者有30倍的增加率，差異極顯著，在施40公斤／公頃氮素情形下接種菌較不接種菌之根瘤數增加倍[1]，毛豆係種仁已飽滿但莢仍是綠色即以採收來食用之大豆，所以接種根瘤菌可增加根瘤數及根瘤重，但隨著氮素施量之增加根瘤數及根瘤重即以遞減之效應是與大豆相同的。

三、 毛豆接種大豆根瘤菌及不同氮肥施量對毛豆合格莢產量之影響

毛豆接種大豆根瘤菌可促使單株之合格莢產量增加，在1989年春作調查三處所獲之結果在施磷酐及氧化鉀各60公斤／公頃之情況下，有接種根瘤菌不施氮肥之處理(處理4)較無接種根瘤菌不施氮肥之處理合格莢產量分別爲17.3克／株及15.5克／株增加12％之多，接種大豆根瘤菌後基施或是追施20公斤／公頃之氮素肥料單株合格莢重更佳(如表八)

表八、毛豆接種大豆根瘤菌及氮素施量對單株合格莢重影響比較

處理	氮素	磷酐	氧化鉀	鹽埔	美濃(福安)	美濃(廣林)	平均	指數
	--------公斤／公頃--------			--------公克／株--------				%
1.	農民慣行施肥量*							
	98	169	144	18.0	12.8	13.7	14.8	100
2.	60	60	60	15.8	14.0	18.0	15.9	107.4
3.	0	60	60	15.0	13.4	18.1	15.5	104.7
4.	0	60	60+R_1**	18.6	14.8	18.5	17.3	116.9
5.	20(追施)	60	60+R_1	18.5	15.0	19.3	17.6	118.9
6.	20(基施)	60	60+R_1	18.1	16.5	19.0	17.9	120.9

* 農民慣行施肥量係三處施量平均，R_1**：接種大豆根瘤菌。

再從1988年秋作或1990年春四期作及1990年秋、1991年春二期作公頃合格莢產量所獲之結果，可以明顯的看出在均不施氮肥及施等量之磷鉀肥情況下，接種根瘤菌可較不接種者提高合格莢產量分別爲9.8％及10.4％，如果接種大豆根瘤菌後再施用氮素20公斤／公頃，則可獲得更高之毛豆之合格莢產量，其較不施氮肥接種根瘤菌之處理(處理4)增產3.5％以上，較三要素推荐區(N-P_2O_5-K_2O=60-60-60公斤／公頃)之處理(處理2)增產6～12％，較不接種農民慣行施量區之處理(處理1)增產12％以上(如表九、表十)。再就1988年秋冬裡作及1989年春作之合格莢產量以地點當爲重複次數，先作變異係數(C.V)分析，結果1988年秋冬裡作變異係數爲10.16，1989年春作變異係數爲11.13，因此更一步的作合格莢產量之變方分析，結果1988年秋裡作接種根瘤菌後基施N-P_2O_5-K_2O=20-60-60公斤／公頃之處理其合格莢產量較不接種根瘤菌之三處理(處理1、2、3)之差異均達5%的顯著性測驗水準，1989年春作接種根瘤菌基施N-P_2O_5-K_2O=20-60-60公斤／公頃之處理(處理6)及氮素20公斤／公頃作追施磷酐及氧化鉀各60公斤／公頃作基施之處理(處理5)均較農民慣行施肥區(處理1)及三要素推薦區(處理2)之差異亦達5％顯著性測驗水準(如表十)。

表九、毛豆接種大豆根瘤菌及氮素施素施量對毛豆合格產量影響比較(一)

	處		理						
	氮素	磷酐	氧化鉀	1988秋	1989春	1989秋	1990春	平均	指數
	------公斤／公頃------			-------------公斤／公頃-------------					%
1	農民慣行重肥施用量*			5159	5181	8240	4883	5866	100
2	60	60	60	5329	5340	8609	5267	6136	104.6
3	0	60	60	4911	5641	8353	5291	6049	103.1
4	0	60	60+R_I**	5972	6017	9073	5435	6624	112.9
5	20(追施)	60	60+R_I	5668	6355	9309	5989	6830	116.4
6	20(基肥)	60	60+R_I	6098	6178	9491	5811	6895	117.5
7	60(20基追)	60	60+R_I	—	—	—	—	—	—

* 農民慣行重肥施用量N-P_2O_5-K_2O，1988年秋作(6處平均)為176-166-164公斤／公頃，1989年春作(6處平均)為107-164-85公斤／公頃，1989年秋作(6處平均)為147-164-85公斤／公頃，1990年春作(6處平均)為105-135-120公斤／公頃。

R_I**：接種大豆根瘤菌。

表十、毛豆接種大豆根瘤菌及氮素施量對毛豆合格產量影比較(二)

	處		理				
	氮素	磷酐	氧化鉀	1990 秋	1991 春	平均	指數
	--------公斤／公頃--------			-------------公斤／公頃-------------			%
1	農民慣行重肥施用量*			8463	11125	9794	100
2	60	60	60	9117	11628	10373	106.1
3	0	60	60	7216	11112	9164	93.6
4	0	60	60+R_I**	9073	11305	10819	104.0
5	20(追施)	60	60+R_I	—	—	—	—
6	20(基肥)	60	60+R_I	9735	12257	10996	112.3
7	60(20基追)	60	60+R_I	9418	11678	10548	107.7

* 農民慣行重肥施用量N-P_2O_5-K_2O，1990年秋作(7處平均)為124-135-125公斤／公頃，1991年春作(7處平均)為102-130-125公斤／公頃。

R_I**：接種大豆根瘤菌。

表十一、1988年秋冬裡作及1989年春作合格莢產量之差異

	處		理	1988年秋冬裡作		1989年春作	
	氮素	磷酐	氧化鉀	合格莢產量	指數	合格莢產量	指數
	--------公斤／公頃--------			公斤／公頃	%	公斤／公頃	%
1	農民慣行重肥施用量*			5159 cd	100	5181 c	100
2	60	60	60	5329 bcd	103.30	5340 bc	103.07
3	0	60	60	4911 d	95.19	5641 abc	108.08
4	0	60	60+R_l	5972 ab	115.76	6017 ab	116.14
5	20(追施)	60	60+R_l	5668 abc	109.87	6355 a	122.65
6	20(基肥)	60	60+R_l	6098 a	118.20	6178 a	119.24

註 1. 因爲資料來源自不同鄉鎮，恐各地區條件不同影響其準確性，因而加以分析c.v. 結果c.v.値分別爲10.16及11.13。

2. 英文字母相同者表示差異不顯著，英文字不同者表示差異達5%顯著水準。

由表九、表十及表十一得知毛豆接種大豆根瘤菌,確有使毛豆合格莢產量增產之效果，雖然土壤中有或多或少的根瘤菌，但其所形成根瘤的固氮效率不齊一，爲了確保豆科植物的根部有更多的有效根瘤。因此需要接種經選出的優良菌種，使有效根瘤增加，如此才能固定大量氮素，供應豆科作物之氮素養分，而減少施用氮素肥料[11]，本示範觀察接種大豆根瘤而施用氮素公斤／公頃之處理(處理5及6)之毛豆的合格莢產量之所以高於不接種根瘤菌施重量氮肥之處理(處理1及2)，或接種根瘤菌施用氮肥60公斤／公頃之處理，實是接種優良大豆根瘤菌所產生之效果之一明證。在大豆方面亦有種植時接種固定接種劑(大豆根瘤菌)更能確保生產量，達到增產，減少氮肥用量降低生產成本增加農民收益[2,3,4,6,7,8,9,14,15,16]。

四、 毛豆接種大豆根瘤後農民收益已顯著的增加

由於毛豆接種大豆根瘤菌後施用氮素20公斤／公頃可使合格莢產量較農民慣行施肥量提高有8-17%以上，而且施用氮素量又減少有80公斤／公頃以上，因此生產所需之肥料成本亦相對的減少，當然，獲益也就增加了，茲將從1988年秋冬裡作示範推廣大豆根瘤菌以來之收益情形列表於下供作參考(如表十二、表十三、表十四、表十五、表十六、表十七、表十八、表十九、表二十)。

表十二、1988年秋冬裡作示範觀察區之生產值、施肥成本及收益調查表

	處		理	1988 年秋冬裡作				
	氮	磷酐	氧化鉀	合格莢產量	生產值 I	施肥成本 II	I－II	比較
	-----公斤/公頃-----			(公斤/公頃)	------------公斤/公頃------------			
1.	農民慣行施肥區			5,159	43,852	7,884	35,968	0
	176,107:166,164:164,85							
2.	三要素推薦區			5,329	45,297	2,784	42,513	6,545
	60	60	60					
3.	0	60	60	4,911	41,744	1,613	40,131	4,163
4.	0	60	60+R_1	5,972	50,762	1,613	49,149	13,181
5.	20(追)	60	60+R_1	5,668	48,178	2,004	46,174	10,206
6.	20(基)	60	60+R_1	6,098	51,833	2,004	49,829	13,861

註：表中R_1係接種大豆根瘤菌，1988年秋冬裡作合格莢產量及農民慣行區施肥量係7處平均，毛豆時價8.5元/公斤。施肥成本按硫銨4.1元/公斤、過磷酸鈣3.4元/公斤、氯化鉀4.8元/公斤換算而成，本表未計算大豆根瘤菌之成本。

表十三、1989年作春作示範觀察區之生產值、施肥成本及收益調查表

	處理			1989 年春作				
	氮	磷酐	氧化鉀	合格莢產量	生產值 I	施肥成本 II	I－II	比較
	------公斤/公頃-----			(公斤/公頃)	------------公斤/公頃------------			
1.	農民慣行施肥區			5,181	46,629	5,867	40,762	0
	176,107:166,164:164,85							
2.	三要素推薦區			5,340	48,060	2,784	45,276	4,514
	60	60	60					
3.	0	60	60	5,641	50,769	1,613	49,156	8,394
4.	0	60	60+R_1	6,017	54,153	1,613	52,540	11,778
5.	20(追)	60	60+R_1	6,355	57,195	2,004	55,191	14,429
6.	20(基)	60	60+R_1	6,178	55,602	2,004	53,598	12,836

註：表中R_1係接種大豆根接菌1989年春作合格莢產量及農民慣行區施肥量係6處平均，毛豆時價9元/公斤。施肥成本按硫銨4.1元/公斤、過磷酸鈣3.4元/公斤、氯化鉀4.8元/公斤換算而成，本表未計算大豆根瘤菌之成本。

由表十二、表十三得知1988秋冬裡作接種大豆根瘤菌後基施氮素20公斤/公頃、磷酐60公斤/公頃及氧化鉀60公斤/公頃之處理(處理6)較農民慣行施肥區增加收益爲13,861元/公頃，在1989春作接種大豆根瘤菌後追施氮素20公斤/公頃基施磷酐及氧化鉀各60公斤/公頃之處理(處理5)較農民慣民慣行施行區增加收益爲14,429元/公頃。

表十四、1989年秋冬裡作春作示範觀察區之生產值、施肥成本及收益調查表

	處理			1989 年秋冬裡作				
	氮	磷酐	氧化鉀	合格莢產量	生產值 I	施肥成本 II	I－II	比較
	-----公斤/公頃-----			(公斤/公頃)	------------公斤/公頃------------			
1.	農民慣行施肥區 147,105:135,135:120,120			8,240	74,160	6,380	67,780	0
2.	三要素推薦區 60	60	60	8,609	77,481	2,784	74,697	6,917
3.	0	60	60	8,353	75,177	1,613	73,564	5,784
4.	0	60	60+R_I	9,073	81,657	1,613	80,044	12,264
5.	20(追)	60	60+R_I	9,309	83,781	2,004	81,777	13,997
6.	20(基)	60	60+R_I	9,491	85,419	2,004	83,415	15,635

註：表中R_I係接種大豆根瘤菌，1989年秋冬裡作合格莢產量及農民慣行區施肥量係6處平均，毛豆時價9元/公斤，施肥成本按硫銨4.1元/公斤、過磷酸鈣3.4元/公斤、氯化鉀4.8元/公斤換算而成，本表未計算大豆根瘤菌之成本。

表十五、1990年春作示範觀察區之生產值、施肥作本及收益調查表

	處理			1990 年春作				
	氮	磷酐	氧化鉀	合格莢產量	生產值 I	施肥成本 II	I－II	比較
	-----公斤/公頃-----			(公斤/公頃)	------------公斤/公頃------------			
1.	農民慣行施肥區 147,105:135,135:120,120			4,883	43,947	5,560	38,387	0
2.	三要素推薦區 60	60	60	5,267	47,403	2,784	44,619	6,232
3.	0	60	60	5,291	47,619	1,613	46,006	7,619
4.	0	60	60+R_I	5,435	48,915	1,613	47,302	8,915
5.	20(追)	60	60+R_I	5,989	53,901	2,004	51,897	13,510
6.	20(基)	60	60+R_I	5,811	52,299	2,004	50,295	11,908

註：表中R_I係接種大豆根瘤菌，1990年春作合格莢產量及農民慣行區施肥量係6處平均，毛豆時價9元/公斤。施肥成本按硫銨4.1元/公斤、過磷酸鈣3.4元/公斤、氯化鉀4.8元/公斤換算而成，本表未計算大豆根瘤菌之成本。

由表十四、十五得知秋冬裡作接種大豆根瘤菌後基施氮素20公斤/公頃、磷酐60公斤/公頃及氧化鉀60公斤/公頃之處理(處理6)每公頃較農民慣行施肥區增加收益爲15,635元/公頃，在1990年春作接種大豆根瘤菌後追施氮素20公斤/公頃基施磷酐及氧化鉀各60公斤/公頃之處理(處理5)較農民慣民慣行施行區增加收益每公頃爲13,510元/公頃。

表十六、1990年秋冬裡作示範觀察區之生產值、施肥成本及收益調查表

處理				1990 年秋冬裡作				
	氮	磷酐	氧化鉀	合格莢產量	生產值 I	施肥成本 II	I－II	比較
	-----公斤/公頃-----			(公斤/公頃)	-----------公斤/公頃-----------			
1.	農民慣行施肥區 124,102:135,130:125,125			8,643	77,787	5,971	71,816	0
2.	三要素推薦區 60	60	60	9,117	82,053	2,784	79,269	7,453
3.	0	60	60	7,216	64,944	1,613	63,331	-8,485
4.	0	60	60+R_I	9,073	81,657	1,613	80,044	8,228
5.	60(20基40追)	60	60+R_I	9,418	84,762	2,004	81,978	10,162
6.	20(基)	60	60+R_I	9,735	87,615	2,004	85,611	13,795

註：表中R_I係接種大豆根瘤菌，1990年秋冬裡作合格莢產量及農民慣行區施肥量係7處平均，毛豆時價9元/公斤。施肥成本按硫銨4.1元/公斤、過磷酸鈣3.4元/公斤、氯化鉀4.8元/公斤換算而成，本表未計算大豆根瘤菌之成本。

表十七、1991年春作示範觀察區之生產值、施肥成本及收益調查表

處理				1991 年春作				
	氮	磷酐	氧化鉀	合格莢產量	生產值 I	施肥成本 II	I－II	比較
	-----公斤/公頃-----			(公斤/公頃)	----------公斤/公頃----------			
1.	農民慣行施肥區 124,102:135,130:125,125			11,125	100,125	5,543	94,582	0
2.	三要素推薦區 60	60	60	11,628	104,652	2,784	101,848	7,286
3.	0	60	60	11,112	100,008	1,613	98,395	3,813
4.	0	60	60+R_I	11,305	101,745	1,613	100,132	5,550
5.	60(基 追40)	60	60+R_I	11,678	105,702	2,004	102,318	7,736
6.	20(基)	60	60+R_I	12,257	110,313	2,004	108,309	13,727

註：表中R_I係接種大豆根瘤菌，1991年春作合格莢產量及農民慣行區施肥量係7處平均，毛豆時價9元/公斤。施肥成本按硫銨4.1元/公斤、過磷酸鈣3.4元/公斤、氯化鉀4.8元/公斤換算而成，本表未計算大豆根瘤菌之成本。

從表十六及表十七得知接種大豆根瘤菌後基施氮素20公斤/公頃，磷酐及氧化鉀各60公斤/公頃之處理(處理6)無論是1990年秋冬裡作及1991年春作所獲之收益分別爲85,611元/公頃及108,309元/公頃較農民慣行施肥區增加分別爲13,795元/公頃及13,727元/公頃，接種根瘤菌後基施氮素20公斤，磷酐及氧化鉀各60公斤/公頃，並於播種後15天追施氮素40公斤/公頃之處理(處理5)其合格莢產量並沒有比僅施氮素20公斤/公頃之處理(處理6)爲高，由此可見在有接種大豆根瘤菌後實在沒有需要再施大量的氮素肥料。

表十八、1991年秋冬裡作示範觀察區之生產值、施肥成本及收益調查表

處理				1991 年秋冬裡作				
				合格莢產量	生產值	施肥成本	Ⅰ－Ⅱ	比較
	氮素	磷酐	氧化鉀	公斤／公頃	Ⅰ	Ⅱ		
	------公斤／公頃------			------------公斤／公頃------------				
1	農民慣行重肥施用量 96,106:120,108:115,110			7,200	54,000	5,054	48,946	0
2	20	60	60+R_I	7,960	59,700	2,004	57,696	8,750

註：表中R_I係接種大豆根瘤菌，1991年秋冬裡作合格莢產量及農民慣行施肥區施肥量係4處平均，毛豆時價7.5元/公斤，施肥成本按硫銨4.1元/公斤，過磷酸鈣3.4元/公斤，氯化鉀4.8元/公斤換算而成，本表未計算大豆根瘤菌之成本。

由於農民慣行施肥量一年比一年減少，因此其所投入之施肥成本亦相對的減少，在1991年秋冬裡作接種大豆根瘤菌後基施氮素20公斤/公頃，磷酐60公斤/公頃，及氧化鉀60公斤/公頃之處理(處理2)較農民慣行施肥區僅增加收益8,750元/公頃，1992年春作亦僅增加收益9,174元/公頃(如表十九)。

表十九、1992年春作示範觀察區之生產值、施肥成本及收益調查表

處理				1992 年春作				
				合格莢產量	生產值	施肥成本	Ⅰ－Ⅱ	比較
	氮素	磷酐	氧化鉀	公斤/公頃	Ⅰ	Ⅱ		
	-----公斤/公頃-----			--------------公斤/公頃--------------				
1	農民慣行重肥施用量 96,106:120,108:115,110			5,095	43,308	4,735	38,573	0
2	20	60	60+R_I	5,853	49,751	2,004	47,747	9,174

註：表中R_I係接種大豆根瘤菌，1992年春作合格莢產量及農民慣行施肥區施肥量係4處平均，毛豆時價爲8.5 元，施肥成本按硫銨4.1元/公斤，過磷酸鈣3.4 元/公斤，氯化鉀4.8元/公斤換算而成，本表未計算大豆根瘤菌之成本。

表二十、1992年秋冬裡作示範觀察區之生產值、施肥成本及收益調查表

	處		理	1992 年秋冬裡作				
				合格莢產量	生產值	施肥成本	I－II	比較
	氮素	磷酐	氧化鉀	公斤/公頃	I	II		
	------公斤/公頃------			--------------公斤/公頃--------------				
1	農民慣行重肥施用量 96,78: 100,92: 90,90			6,602	56,117	4,371	51,746	0
2	20	60	60+R_I	6,914	58,769	2,004	56,765	5,019

註：表中R_I係接種大豆根瘤菌，1992年秋冬裡作合格莢產量及農民慣行區施肥量係5處平均，毛豆時價爲8.5元/公斤，施肥成本按硫銨4.1 元/公斤，過磷酸鈣3.4元/公斤，氯化鉀4.8元/公斤換算而成，本表未計算大豆根瘤菌之成本。

在1992年秋冬裡作及1993年春作接種大豆根瘤菌後，每公頃基施氮素20公斤，磷酐及氧化鉀各60公斤之處理(處理2)較農民慣行施肥區(處理1)增加收益分別爲5,019元/公頃及4,338元/公頃(如表二十、二十一)。

表二十一、1993年春作示範觀察區之生產值、施肥成本收益調查表

	處		理	1993 年春作				
				合格莢產量	生產值	施肥成本	I－II	比較
	氮素	磷酐	氧化鉀	公斤/公頃	I	II		
	-----公斤／公頃-----			--------------公斤/公頃--------------				
1	農民慣行重肥施用量 96,78: 100,92: 90,90			6,401	51,208	3,974	47,234	0
2	20	60	60+R_I	6,697	53,576	2,004	51,572	4,338

註：表中R_I係接種大豆根瘤菌，1993年春作合格莢產量及農民慣行區施肥量係3處平均，毛豆時價8元/公斤，施肥成本按硫銨4.1元/公斤，過磷酸鈣3.4元/公斤，氯化鉀4.8元/公斤換算而成，本表未計算大豆根瘤菌之成本。

顯然的，從1988年秋冬裡作接種大豆根瘤菌後每公頃基施氮素20公斤，磷酐及氧化鉀各60公斤之處理，較農民慣行施肥區處理增加收益13,861元／公頃而來，由於農民已體會到施重氮肥並不利於毛豆之生長及莢之生產，因此肥料之用量已逐年遞減中，相反的毛豆的合格莢產量亦與接種大豆根瘤菌之處理漸漸的接近，在施肥成本減少，產量又逐漸接近接種區之雙重增進下，至1993年春作接種大豆根瘤菌之處理，較農民慣行施肥之處理僅增加4,338元／公頃，與示範推廣之初之比較其成果斐然。

五、 農民之施肥量及施肥成本已逐年遞減

從圖一得知1989年度農民慣行區施肥成本(1988年秋冬裡作與1989年春作之平均)為每公頃6876元，至1993年春作已遞減4173元，雖然施肥成本較1989年度減少39%以上，但與毛豆施肥推荐量每公頃施$N-P_2O_5-K_2O$=60-60-60公斤之施肥成本2784元／公頃之相距仍很大，因此大豆根瘤菌在高屏地區之推廣應用在降低施肥量及施肥成本方面已獲得成果，但距離目標(接種大豆根瘤菌後每公頃施用氮素20公斤磷酐60公斤及氧化鉀60公斤)仍相距甚遠，需要再努力辦理示範推廣以達到降低施肥成本增加收益之目標。

六、 歷年來毛豆接種大豆根瘤菌之面積及農民獲益情形

大豆或毛豆接種大豆根瘤菌之推廣應用計畫始自1987年秋冬裡作，當時只有在萬丹及潮州等做毛豆接種大豆根瘤菌之小面積示範，在橋頭、岡山做大豆接種大豆根瘤菌的示範，但由於大豆之栽培面積一年比一年減少，且對於接種大豆根瘤菌之效果不如毛豆來得大，因此從1987年春作以來，每年毛豆接種大豆根瘤菌之面積逐年擴大，至1991年已達3,100公頃,目前均維持在3,500公頃以上，從毛豆接種大豆根瘤菌之推廣應用以來至1993年春作總共接種面積已達13,532公頃，農民獲益更達140,605,570元(如表二十二)，雖然接種面積已有3,500公頃，但台灣毛豆之栽培面積有10,728公頃[13]左右,接種之面積約為栽培面積三分之一左右，且至目前農民之施肥量仍較本推廣應用計畫之施肥量目標仍有一段距離，因此必須加以調查農民降低施肥量不很積極的原因何在，然後對症下藥才可達到事半功倍之效果。

表二十二、歷年來毛豆接種大豆根瘤菌之面積及收益情形比較表

年 別	期作別	接種面積 (公頃)	接種區較農民慣行施肥區增加收益 (元／公頃)	接種大豆根瘤總收益(元)
77	春	112	13,790	1,544,480
	秋	760	13,861	10,534,360
78	春	610	14,429	8,801,690
	秋	1,220	15,635	19,074,700
79	春	830	13,510	11,213,300
	秋	1,840	13,795	25,382,800
80	春	1,210	13,729	16,609,670
	秋	1,890	8,750	16,537,500
81	春	1,580	9,175	14,496,500
	秋	1,930	5,019	9,686,670
82	春	1,550	4,338	6,723,900
合 計		13,532		140,605,570

結　語

從毛豆化學肥料之需要量、有機質肥料配合化學肥料之施量及微生物肥料與化學肥料之配合使用等試驗結果，毛豆之肥培管理應是接種大豆根瘤菌後施用氮素肥料每公頃20公斤，磷酐40-80公斤及氧化鉀60公斤。若是農田土壤之有機質含量低於2%，應考慮施用2,000公斤／公頃之雞糞堆肥或是3,000公斤之豬糞堆肥，若加入堆肥之農田則磷酐或氧化鉀之用量可考慮減半。爲了維護農田的永續性，在毛豆之肥培管理上降低化學肥料之施量，酌於加入有機質肥料及接種大豆根瘤菌應是目前毛豆最合理之肥培管理方法。

參考文獻

1. 王錦堂 1988 施用根瘤菌內生菌根對春作大豆生長效應之研究。土壤肥料試驗報告 台灣省政府農林廳編印 pp.102-109。
2. 吳敏慧 1958 台灣豆科根瘤人工接種問題之研究。農林學報 7：131-178。
3. 吳敏慧 1959 優良大豆根瘤菌選拔試驗(一)。農林學報 8：83-87。
4. 吳敏慧 1964 優良大豆根瘤菌選拔試驗(二)。農林學報 13：11-13。
5. 高德錚 林安秋 1984 高屏地區秋裡作大豆根瘤活性之態調查第一報禾根豆栽培之根瘤生育調查。科學發展月刊 11.12-2：1409-1418。
6. 高德錚 1993 大豆根瘤菌固氮生理之研究。博士論文 pp.108-151
7. 洪阿田、羅瑞生、許秋玫 1990 高屏地區毛豆施用微生物肥料(大豆根瘤菌)示範推廣成果。豆類作物土壤及肥培管理專集 台灣省高雄區農業改良場編印 pp.234-252。
8. 洪阿田 1991 大豆接種根瘤菌及菌根菌後施肥技術研究。土壤肥料試驗報告 台灣省政府農林廳編印 pp.47-59。
9. 黃定鼎、池美珍等 1980 大豆品種固氮作物活性與氮素分佈之比較。中華農業研究29(2)：93-102。
10. 鄒篪生、吳美慧、洪端良、蔡俊雄 1990 栽培管理對毛豆產量及品質影響。豆類作物土壤及肥培管理專集 台灣省高雄區農改良場編印 pp.136-148。
11. 楊秋忠 1990 生物肥料功效及應用微生物肥料在大豆及毛豆功效專輯。台灣省高雄區農業改良場編印 pp.3-6。
12. 鄭榮賢 1990 毛豆肥料需要量與施肥時期研究。豆類作物土壤與肥培管理專集 台灣省高雄區農業改良場編印 pp.62-73。
13. 台灣省政府農林廳 1993 台灣農業年報 6 蔬菜(15)毛豆 p.93。
14. HUNG, A. T. and 0. L. WU, 1992. Demonstration and Extension of Biofertilizer on Vegetable Soybean Production in Southern Taiwan Research Bulletin of Kaohsiung District Agricutural Improvement Station Volume 4 Number 1 pp.40-55.
15. Young, C. C., M. H. Wu, and T. C. Juang. 1982 The slection and Use of Rhizobium in Taiwan Food Fertilizer Technology Center, Technical Bulletin No. 66:1-9.

16. Young, C. C., T. C. Juang, and C.C. Chao. 1988b. Effects of Rhizobium and VA mycorrhiza Inoculation on nodulation, Symbiotic Nitrogen Fixation and Yield of Soybean in Subtropical-tropical Fields Biology and Fertility of soils (Germany) G:105-169.

討　論

台灣省農業試驗所陳甘澍問:

請問毛豆接種大豆根瘤菌，其接種方法爲何？接種量需多少才有效？

高雄改良場洪阿田副研究員答:

將每分地所需接種量之毛豆種子約12-15公斤加入黏著劑(白色粉末)充份攪拌後再注入根瘤菌液180cc, 使其與毛豆種皮充份的黏著後再用碳末吸乾未被吸完的剩餘菌液即爲接種完成。接種後之毛豆種子攜至田間接種時不要置於陽光下任其曝晒, 最好置於陰乾之地方才能達到接種效果。

花蓮區農改場黃山內場長之建言:

根瘤菌在毛豆栽培上節省氮素肥料及提高有效夾數及農民收益有很大效益在洪副研究員之報告可以證明。但其根瘤菌係由農委會委託中興大學免費供應農民使用, 每100 cc成本約爲30元, 而每公頃約須使用1800 cc, 約須540元。如果請廠商製造供應, 在毛豆栽培面積10000公頃下, 約可獲利360萬元(如果照每100 cc售價爲50元), 要接洽廠商買賣製造銷售, 但須投資約1000萬元再加上管理費用, 穫得純益不多(估計約200萬元), 故都沒有興趣。但基於環境保護與節省氮素肥料純源之立場確實有必要推廣此一生物肥料。談此一研討會中中央及省政府長官都有參與, 建議能在農建計畫下繼續編到少數經費(約20萬)委請中興大學繼續供應, 或者會更有廠商代表在此是否有人投資發售此一生物肥料(根瘤菌)。

Extension on the Use and Application of Rhizobia Inoculation of Vegetable Soybean in Taiwan

Hung, A. T. and Hsu, C. M.
Kaohsiung District Agricultural Improvement Station

Abstact

The extension on the use and application of rhizobia inoculation of vegetable soybean in Taiwan has been carried on the autumn of 1987 and still extension conducted on Kaoping area so far.The purpose of this project is to guide the farmers to use rhizobia inoculation instead of high rate of chemical fertilizer for cultivation of vegetable soybaen, with reduced rate of nitrogen fertilizer application for the vegetable soybean fields.The result showed that rhizobia inoculation with 20 kg/ha of nitrogen as basal appplication or top dressed at 15 days after sowing(treatment 6 and treatment 5)increased average graded pod yield by 6-12％ more than recommended rate of N-P_2O_5-K_2O=60-60-60 kg/ha (treatment 2), and 12-17% more than farmers'practice with the rate of N:P_2O_5:K_2O=102-176 kg/ha: 130-166 kg/ha: 120-164kg/ha (treatment 1) respectively. But when the farmers' practice reduced the rate of N:P_2O_5:K_2O=76-106 kg/ha: 80-120 kg/ha: 100-115kg/ha, the graded Pod of the treatment 6 only 8％ increased more than treatment 1 on the average of the total 4 crops in 3 years and the Period was from the autumn of 1991 to the spring of 1993. Further analysis varience for graded Pod yield showed that the difference between with rhizobia inoculation and without rhizobia inoculation were significant.

The number and weight of root nodule per plant,the treatment 6 by 35.2 ％35.4 ％more than treatment 2 and by 41.5 ％and 54％ more than treatment 1 respectively.

Due to the effectiveness of rhizobia inoculation on the use and application of the technology was smooth and successful,farmers investiment on fertilizer cost for the cultivation of vegetable soybean was NT $ /ha at 1989 and gradually reduced to NT $ 4173/ha at spring of 1993. It about decreased the fertilizer application rate and fertilizer cost around 39％ Per hectare.

The treatment 6 increased the graded Pod yield around 8-17％ more than the treatment 1,but reversely the fertilizer cost of treatment 1 increased around NT $ 2,169-NT 4,875/ha more than the treatment 6. Thereefore, the Profit of treatment 6 increased NT $ 4,338-15,635/ha more than treatment 1.The total area and the Profit of rhizobia inoculation was accumulated 13,532 hectare and NT $ 140,605,570 from the spring of 1988 to the spring 1993 respectively.

Key words: Vegetable, Soybean, Rhizobia, Use and Application.

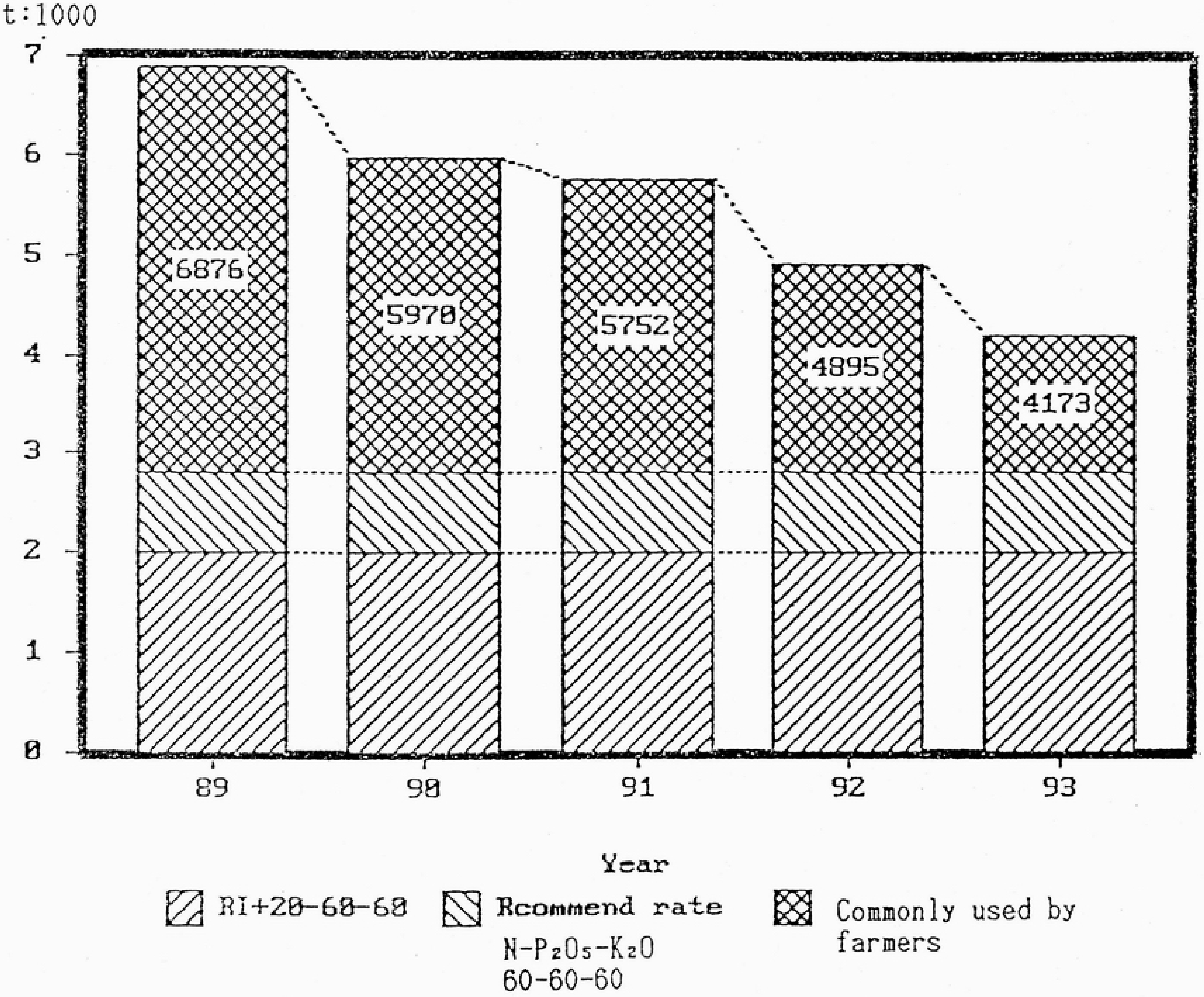

Fig 1. Comparison of the fertilizer cost of vegetable soyben